

ノコギリガザミ幼生におけるアルテミアの 必要性と適正給餌時期の検討

竹内俊郎, 小林孝幸, 清水智仁, 関谷幸生

(1999年12月21日受付, 2000年6月19日受理)

The Necessity and Suitable Feeding Schedule of *Artemia* Nauplii for Larval Mud Crab*¹

Toshio Takeuchi,*² Takayuki Kobayashi,*²
Tomohito Shimizu,*³ and Sachio Sekiya*³

This experiment was conducted to investigate the suitable feeding schedule of *Artemia* nauplii (Expt. I) and the effect of enrichment of live foods (Expt. II) on the survival rate, carapace width and total days to reach each developmental stage of the larval mud crab. Two feeding experiments were carried out in one liter plastic beakers in each containing 30 larvae.

The crab fed *Artemia* nauplii from zoea 3 stage, showed high survival rate compared with the another treatments. The enrichment of both rotifer and *Artemia* nauplii with n-3 highly unsaturated fatty acids (n-3HUFA) affects the carapace width and survival rate of mud crab larvae.

These results indicated that larval crab require n-3HUFA in live food (enriched rotifer and *Artemia* nauplii) as essential fatty acids and should be given the enriched *Artemia* nauplii from zoea 3 stage in order to attain a high survival rate of the first mud crab.

キーワード: ノコギリガザミ, 幼生, n-3 高度不飽和酸, ワムシ, アルテミア, 適正給餌時期

ノコギリガザミは、太平洋・インド洋沿岸に広く分布し、各地の内湾、河口やマングローブ域などの汽水域に生息している。^{1,2)}

近年における栽培漁業の技術開発の進展に伴い、ノコギリガザミの種苗生産も行われるに至ったが、³⁾ 本種における栄養要求の研究はほとんど行われていない。例えば、ガザミ *Portunus trituberculatus* 幼生のように、ゾエア期間中はワムシ単一給餌のみで生育が可能なのか、^{4,5)} エイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) 等の n-3 系列の高度不飽和酸 (n-3HUFA) を必須脂肪酸 (EFA) として要求するか否か等に関する知見 (研究) は皆無である。また、ノコギリガザミは低塩分・高水温 (70%-30℃ 海水) 飼育が適し、⁶⁾ ガザミとは異なるため、ワムシ-アルテミア-アミンチの餌料系列においてどの程度の栄養強化が必要なのかを明らかにすることは、種苗量産化のために極めて重要である。そこで本実験では、1 l ビーカーを用いた方法⁴⁾

により 2 回の飼育実験を行った。まず実験 I では、ワムシのみでメガロパ幼生に至るまで飼育が可能か否か、およびアルテミアの必要性と適正給餌時期について、実験 II では、ナンクロロブシスで強化したワムシと EPA28G 乳化オイルで強化したアルテミアを使用し、成長に及ぼすワムシとアルテミアの栄養強化の影響について検討した。実験結果は、各齢期の生残率、平均到達日数および第 1 齢稚ガニの全甲幅長を指標とし、さらに餌料として使用したワムシやアルテミアの脂肪酸含量等により評価した。

なお、最近ではノコギリガザミは複数種の存在が示唆され、本実験で使用した種は、Fuseya and Watanabe,¹⁾ 大城,²⁾ によれば *Scylla tranquebarica* に、Keenan *et al.*⁷⁾ に従えば *S. paramamosain* に同定される。

材料および方法

試験区の設定 飼育実験は 2 回行い、実験 I および

*1 本研究の概要については平成 10 年度日本水産学会春季大会で発表した。

*2 東京水産大学資源育成学科 (Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

*3 日本栽培漁業協会玉野事業場 (Tamano Station, Japan Sea-Farming Association, Tamano, Okayama 706-0002, Japan).

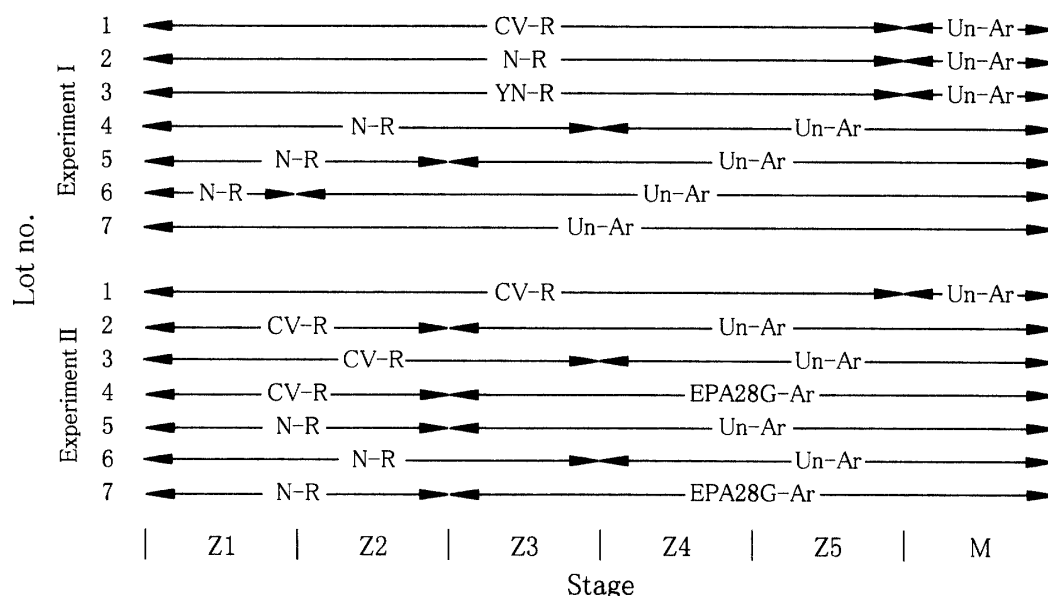


Fig. 1. Feeding schedule of larval mud crab in Experiments I and II.

CV-R, *Chlorella vulgaris*-rotifer; N-R, *Nannochloropsis*-rotifer; YN-R, ω -Yeast + *Nannochloropsis*-rotifer; Un-Ar, Unenriched *Artemia*; EPA 28G-Ar, *Artemia* enriched with EPA 28G emulsified oil which contains 25.0% EPA and 10.1% DHA, respectively. Z1-Z5, first to fifth zoea; M, megalopa.

IIとし、それぞれ7区を設けた (Fig. 1)。

実験 I : 1区は淡水クロレラ *Chlorella vulgaris* (生クロレラ V12, クロレラ工業株式会社製) で強化したワムシ (CV-R), 2区はナンノクロロプシス *Nannochloropsis* で強化したワムシ (N-R), 3区は油脂酵母 (協和醗酵工業株式会社製) とナンノクロロプシスで強化したワムシ (YN-R) をそれぞれ第5齢ゾエア期まで与え、メガロバ期から無強化のアルテミア (Un-Ar) を与えた。4区は第4齢ゾエア期から、5区は第3齢ゾエア期から、6区は第2齢ゾエア期から、7区はふ化直後の第1齢ゾエア期からそれぞれ無強化アルテミアを与え、それまでは2区と同様のN-Rを与えた。

実験 II : 1区はネガティブコントロールとして第5齢ゾエア期まで淡水クロレラワムシを与え、2, 4, 5および7区は第2齢ゾエア期までワムシを、第3齢ゾエア期以降アルテミアを与えた。3および6区は第3齢ゾエア期までワムシを、第4齢ゾエア期以降アルテミアを与えた。また、1~4区は淡水クロレラワムシを、5~7区はナンノクロロプシスワムシを与え、1, 2, 3, 5および6区は無強化アルテミアを、4および7区はEPA28G乳化オイル (純度 EPA 25.0%, DHA 10.1%, 日本化学飼料株式会社製) で強化したアルテミア (EPA28G-Ar) を与えた。

ワムシの培養と栄養強化 ワムシの強化条件を Table 1 および 2 に示す。ワムシは、S型ワムシ

Table 1. Conditions of rotifer and *Artemia* enrichment in Expts. I and II

	Rotifer	<i>Artemia</i>
Tank volume (l)	5	5
Capacity (individuals/ml)	1500	200
Water temperature (°C)	Expt. I, 19.2-22.3; Expt. II, 20.0-24.5	
Enrichment period (hours)	18	18
Culture medium	Sea water	
Light intensity	Natural indoor light	

Table 2. Concentration of each enrichment live food in Expts. I and II

	Experiment no.	
	I	II
Tank volume (l)	5	5
CV-R (10^7 cells/ml)	4	4
N-R (10^7 cells/ml)	4	4
YN-R (ω -Yeast, g/l; <i>Nanno.</i> , 10 cells/ml)	0.6; 2	—
EPA28G-Ar (μ l/l)	—	100

Brachionus rotundiformis を用いた。ワムシの培養は、500 l の黒色ポリエチレン水槽を用いて、ヒーターで水温を 28°C に保ち、48 時間バッチ培養を繰り返した。栄

養強化を行う前まで淡水クロレラ（生クロレラ V12）で培養したワムシを栄養強化に使用した。栄養強化は、培養したワムシを 5 l の白色ポリエチレンビーカーにろ過海水で 1 ml 当たり 1500 個体になるように収容し、水温 20°C（実験 I, 19.2~22.3°C；実験 II, 20.0~24.5°C）で 18 時間行った。なお、実験 I での淡水クロレラワムシおよびナンノクロロプシスワムシには、それぞれ淡水クロレラ（生クロレラ V12）およびナンノクロロプシス（濃縮凍結ナンノクロロプシス）を 5 l ビーカーに 4×10^7 cells/ml になるように添加した。3 区で使用した油脂酵母とナンノクロロプシスで強化したワムシには、油脂酵母 3 g とナンノクロロプシス 2×10^7 cells/ml になるように 5 l ビーカーに添加した。実験 II も同様に行った。

アルテミアの栄養強化 アルテミアの強化条件を Table 1 および 2 に示す。100 l の透明ポリエチレンふ化装置にアルテミアの卵（プラインシュリンプエッグス、日清ファインケミカル株式会社製）を投入し、水温 26°C、24 時間後にふ化していたノープリウスを用いた。ふ化したアルテミアは、5 l の白色ポリエチレンビーカーにろ過海水を用いて 1 ml 当たり 200 個体になるように収容し、水温 20°C（実験 I, 19.2~22.3°C；実験 II, 20.0~24.5°C）で 18 時間の強化を行った。実験 I および II の無強化アルテミアは、ふ化したアルテミアを 5 l ビーカーに収容後、そのまま 18 時間培養したものである。実験 II の 4 および 7 区で使用したアルテミアは、EPA28G 乳化オイルで強化し、5 l ビーカーに 100 μ l/l になるように添加した。添加方法は、EPA28G 乳化オイル 500 μ l とろ過海水 100 ml を約 1 分間攪拌して強化剤とし、5 l ビーカーに添加した。

ふ化幼生 本実験で使用したノギリガザミ幼生は、日本栽培漁業協会 玉野事業にて、500 l パンライト水槽内で抱卵個体をふ化させた中から、パッチを形成し活力の優れているものを選抜した。なお、500 l ふ化槽には、ろ過海水を満たし、水温を 28°C に保ちながら通気を施し、真菌症防除のためにホルマリンを 25 ppm^{8,9)} になるよう添加した。

飼育方法 飼育方法の概要を Table 3 に示す。幼生の飼育には、1 l の白色ポリエチレンビーカーを各区 2 個ずつ使用した。飼育槽としては FRP ウォーターバス内に水を満たし、その中に 1 l ビーカーをセットし、ビーカーの上からパスツールピペットで極微量の通気を行った。試験直前までに、各ビーカーに 100% ろ過海水および各区にそれぞれワムシあるいはアルテミアを投入し、水温を 28°C に調整した。ふ化直後の第 1 齢ゾエア 30 尾を各ビーカーに収容し、第 1 齢稚ガニに達するまで、あるいは全尾がへい死するまで飼育した。水温は、

Table 3. Rearing conditions for larval mud crab in Expts. I and II

	Experiment no.	
	I	II
Tank volume (l)	1	1
Number of larvae	30	30
Water temperature (°C)		
Z1	27.8–28.0	27.5–27.8
Z2-M	29.4–30.2	29.4–30.7
Water exchange*2	Once a day	
Feeding frequency	Once a day	
Rearing period (days)	28	30
Light intensity	Natural indoor light	
Density of feed in culture medium (individuals/ml)	Rotifer 40~50	Rotifer 40~50
	<i>Artemia</i> 5	<i>Artemia</i> 5

*1 One liter polyethylene white beaker in duplicate was used.

*2 After start the feeding experiment, 100 ml seawater (70%) was exchanged every day, then seawater concentration was adjusted at 70% after 11 days of the feeding experiment.

20 μ g/l of streptomycin in each tank was added to prevent the occurrence of filamentous bacterium.

第 1 齢ゾエア期では 28°C（実験 I, 27.8~28.0°C；実験 II, 27.5~27.8°C）第 2 齢ゾエア期以降 30°C（実験 I, 29.4~30.2°C；実験 II, 29.4~30.7°C）になるように調整した。また 1 日 1 回換水を行い、その際 70% 海水を 100 ml ずつ置換し、11 日目には全量 70% 海水になるように調節した。そのため飼育ビーカー内の期間中の塩分は、実験 I では 36.0% から 25.0% へ、実験 II では 35.0% から 25.0% へと変化した。幼生の移槽には、先端をカットした口の広い駒込ピペットを用い、そのとき毎日幼生の齢期を目視により観察するとともに、生残個体数とへい死個体数を計数した。第 1 齢稚ガニは、万能投影機を用いて全甲幅長を測定した。メガロバ幼生が出現した際には、共食防止のために、別の水槽に移しゾエア幼生とは別々に飼育した。また、ワムシからアルテミアに餌料を変える際にも、確実にその餌料を摂餌できるように別々に飼育した。そのため、最大時には計 52 個の 1 l ビーカーを用いた。給餌密度は、ワムシは 40~50 個体/ml、アルテミアは 5 個体/ml とし、換水前にそれぞれの餌料を新しいビーカーに投入し、朝 10:00 に換水を行った。また、ストレプトマイシン硫酸塩を各ビーカーに約 20 μ g ずつ添加し、細菌類の繁殖を防止した。

なお、各試験区にはそれぞれ 2 個ずつビーカーを用い、結果は平均値で示すこととした。生残率については

Table 4. Result of survival rate (%) to reach each larval stage and carapace width (mm) of first crab (C1) in Expts. I and II

Lot no.	Survival rate (%) ^{*1}							Carapace width (mm) ^{*2}		
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	M	C1	C1		
Expt. I										
1	100.0 ^{*4}	100.0	100.0	55.0 ^c	35.0 ^d	0	0	—		
2	100.0	100.0	100.0	76.7 ^b	50.0 ^{c,d}	23.3 ^d	13.3 ^c	(3.18±0.19 ^{*5})	(n=8)	
3	100.0	100.0	100.0	76.7 ^b	61.7 ^c	48.3 ^c	38.3 ^b	3.38±0.11	(n=23)	
4	100.0	100.0	100.0	61.7 ^{b,c}	53.3 ^c	45.0 ^c	35.0 ^b	3.36±0.15	(n=21)	
5	100.0	100.0	100.0	95.0 ^a	91.7 ^b	83.3 ^b	66.7 ^a	3.35±0.12	(n=40)	
6	100.0	100.0	100.0	100.0 ^a	100.0 ^a	98.3 ^a	73.3 ^a	3.36±0.13	(n=44)	
7	100.0	100.0	100.0	100.0 ^a	100.0 ^a	85.0 ^b	65.0 ^a	3.31±0.12	(n=39)	
Expt. II										
1	100.0	100.0	100.0	73.3 ^c	35.0 ^d	0	0	—		
2	100.0	100.0	98.3	85.0 ^{b,c}	83.3 ^{b,c}	66.7 ^{a,b}	41.7 ^{b,c}	3.35±0.18 ^{c,d}	(n=25)	
3	100.0	100.0	98.3	73.3 ^c	70.0 ^c	60.0 ^b	38.3 ^{b,c}	3.32±0.19 ^d	(n=23)	
4	100.0	100.0	98.3	90.0 ^b	88.3 ^b	70.0 ^{a,b}	46.7 ^{a,b}	3.48±0.16 ^b	(n=28)	
5	100.0	100.0	100.0	100.0 ^a	100.0 ^a	76.7 ^a	51.7 ^{a,b}	3.42±0.11 ^{b,c}	(n=31)	
6	100.0	100.0	100.0	85.0 ^{b,c}	75.0 ^{b,c}	55.0 ^b	25.0 ^c	3.43±0.13 ^{b,c}	(n=15)	
7	100.0	100.0	100.0	100.0 ^a	100.0 ^a	78.3 ^a	63.3 ^a	3.63±0.12 ^a	(n=38)	

^{*1} Survival rate (%) = (number of larvae molted to each stage) / (number of larvae stocked) × 100.

^{*2} Carapace width was measured as maximum width of carapace including lateral spines.

^{*3} See Fig. 1. C1, first crab.

^{*4} Mean value (n=2).

^{*5} Mean±SD.

^{a,b,c,d} Values within a column with different superscript letters are significantly different (p<0.05).

母比率の差の検定を、平均到達日数については母平均の差の検定を、および全甲幅長についてはダンカンの多重比較検定を有意水準5%で行った。

分析方法 本実験で使用したワムシとアルテミアは、毎日プランクトンネットで採取し、水道水で洗浄し十分に水分を取った後、ビニールパックに入れて、-80°Cで凍結保存した。各餌料は毎日採取した後、前、中、後期の3試料に分け、水分、粗脂肪含量および総脂質中の脂肪酸組成を分析した。分析方法は既報¹⁰⁾に従った。

結 果

飼育結果 実験IおよびIIの飼育結果をTable 4, 5, Fig. 2 および3に示す。

実験I : 各齢期における生残率の推移 (Table 4, Fig. 2) をみると、第3齢ゾエア期までワムシを与えつづけた1~4区で、第3齢から第4齢ゾエアの脱皮に際し、へい死個体数の増加が見られた。淡水クロレラワムシ投餌の1区は、第3齢ゾエアからへい死が見られ第5齢ゾエア期で全滅し、メガロパへ変態した個体は出現しなかった。2および3区も同様に第3齢ゾエアからへい死が見られたが、ワムシのみでメガロパ幼生まで脱皮・変

Table 5. Developmental average period to reach each larval stage^{*1} in Expts. I and II (day)

Lot no.	Stage ^{*2}					
	Z2	Z3	Z4	Z5	M	C1
Expt. I						
1	3.0	5.0	9.1 ^a	15.4 ^a	—	—
2	3.0	5.0	8.0 ^{b,c}	11.8 ^b	16.0 ^a	(22.8)
3	3.0	5.0	7.7 ^e	10.6 ^c	14.9 ^{c,d}	23.2 ^a
4	3.0	5.0	7.7 ^e	11.4 ^b	15.1 ^{b,c}	22.2 ^{b,c}
5	3.0	5.0	7.9 ^{c,d}	10.8 ^c	14.9 ^{c,d}	22.0 ^{c,d}
6	3.0	5.0	7.8 ^{d,e}	10.6 ^c	14.7 ^d	21.6 ^d
7	3.0	5.0	8.2 ^b	11.6 ^b	15.7 ^{a,b}	22.7 ^{a,b}
Expt. II						
1	3.0	5.1	9.0 ^a	14.0 ^a	—	—
2	3.0	5.0	8.9 ^a	12.5 ^b	16.1 ^a	22.5 ^a
3	3.0	5.1	8.9 ^a	13.0 ^b	16.6 ^a	23.2 ^a
4	3.0	5.0	8.8 ^a	11.4 ^c	15.1 ^b	21.3 ^b
5	3.0	5.0	7.5 ^c	10.4 ^d	13.9 ^c	20.3 ^c
6	3.0	5.0	7.9 ^b	11.1 ^c	14.7 ^b	20.7 ^{b,c}
7	3.0	5.0	7.6 ^{b,c}	10.3 ^d	13.7 ^c	20.2 ^c

^{*1} Mean value (n=8~60).

^{*2} See Fig. 1. C1, first crab.

^{a,b,c,d,e} Values within a column with different superscript letters are significantly different (p<0.05).

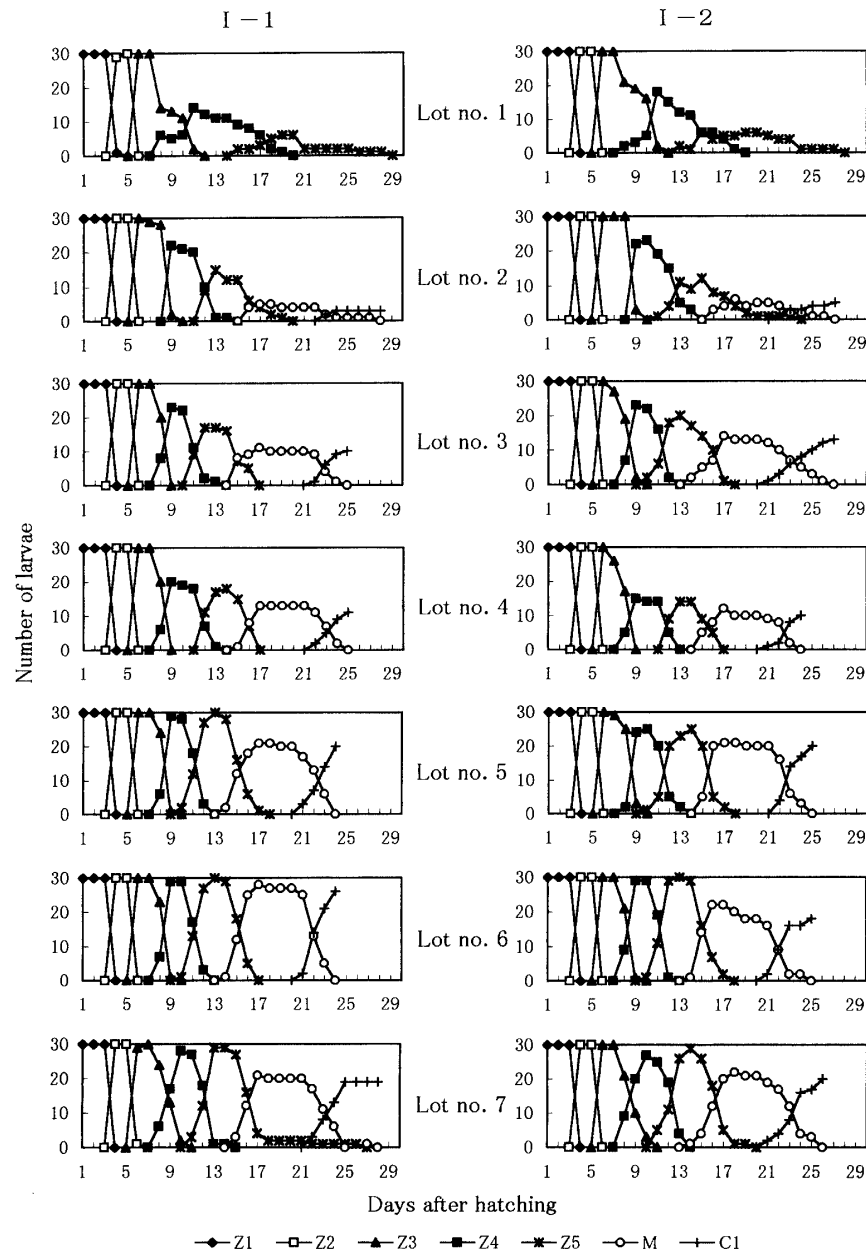


Fig. 2. Prolonged development of reared mud crab larvae in Expt. I.

態し、2区では13.3%、3区では38.3%の第1齢稚ガニが得られた。4区も第3齢ゾエアから低下したが、アルテミアを与えた頃から活力（遊泳力）を取り戻した。第3齢ゾエア期以前からアルテミアを与えた5~7区では、いずれの区も高い生残率を示し、7区ではアルテミアのみで65.0%の第1齢稚ガニが得られた。次に各齢期への平均到達日数（Table 5）をみると、1~3区では淡水クロレラワムシ区（1区）が特に日数を要していた。4~7区では、7区が第4齢ゾエア期前後で他区よりも若干の遅れを生じた。全甲幅長（Table 4）に関しては、いずれの区も差異はなかった。

実験Ⅱ：生残率の推移（Table 4, Fig. 3）をみると、

ネガティブコントロールの1区は第3齢ゾエアから徐々にへい死が見られ、メガロパへ変態した個体は出現しなかった。2~7区においては、第4齢ゾエア期からアルテミアを与えた3および6区は実験Ⅰと同様に、第3齢から第4齢ゾエアの脱皮に際しへい死が起こった。第3齢ゾエア期からアルテミアを与えた2, 4, 5および7区は、いずれの区も40%以上の生残率を示した。次に淡水クロレラワムシを与えた区とナンノクロブシスワムシを与えた区を比較すると、2区よりも5区、4区よりも7区というように、ナンノクロブシスワムシ区の方が生残率が高かった。平均到達日数（Table 5）で、淡水クロレラワムシ区よりナンノクロブシスワム

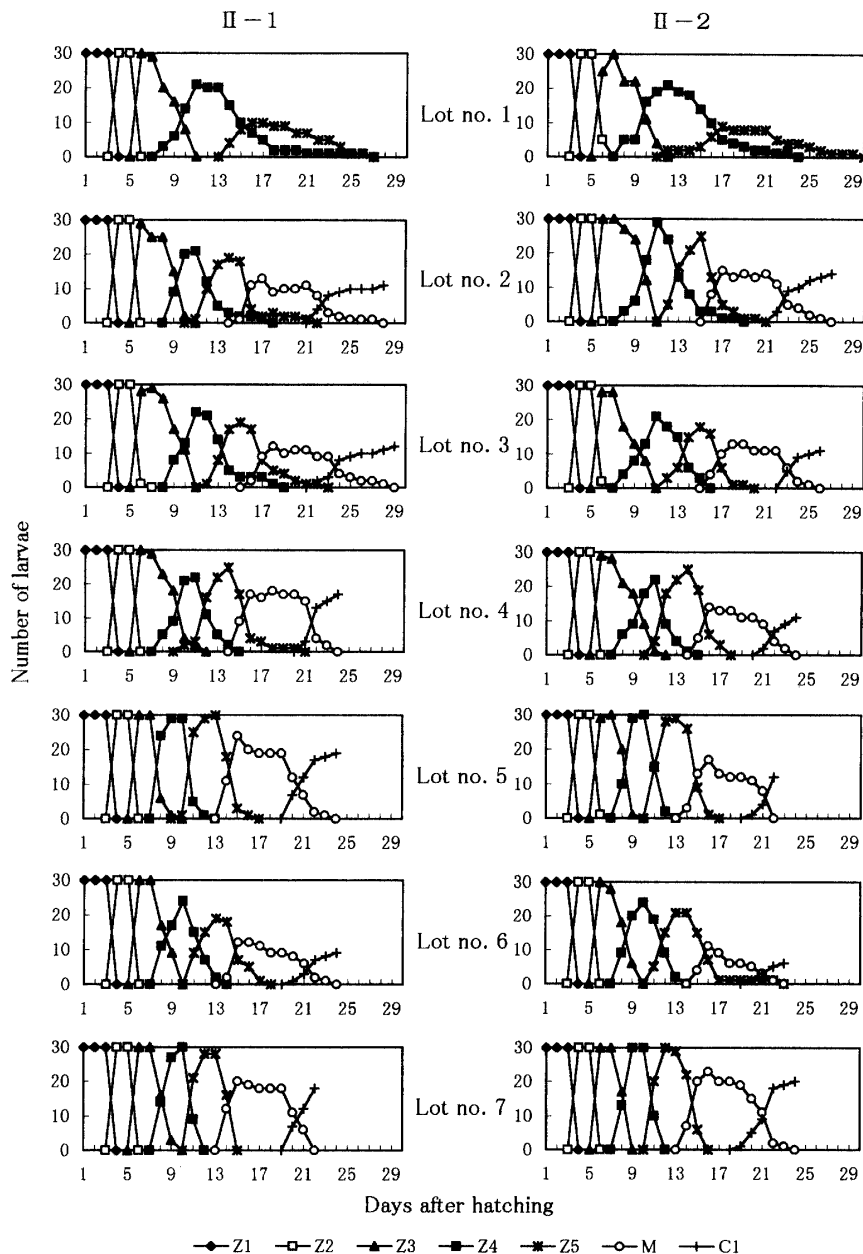


Fig. 3. Prolonged development of reared mud crab larvae in Expt. II.

シ区の方が日数を要さなかった。また、無強化アルテミアを与えた区と EPA28G 乳化オイルで強化したアルテミアを与えた区を比較すると、2区よりも4区、5区よりも7区というように、EPA28G 乳化オイル強化アルテミア区の方が生残率が高くなっていた。平均到達日数では、2区と4区のように、EPA28G 乳化オイル強化アルテミア区の方が日数を要さなかった。全甲幅長 (Table 4) をみると、2区と4区、5区と7区のように、無強化アルテミア区より EPA28G 乳化オイル強化アルテミア区の方が有意に大きくなっていた。また、淡水クロレラワムシ区とナンノクロロプシスワムシ区では、2区と5区には有意差はないが、4区と7区のように

にナンノクロロプシスワムシ区の方が有意に全甲幅を大きくする傾向を示していた。

生物餌料の分析結果 実験 I および II で用いたワムシおよびアルテミアの分析結果を Table 6 に示す。

実験 I : 水分含量は、いずれの餌料とも大きな差は見られなかった。粗脂肪含量 (乾燥重量当り) は、淡水クロレラワムシ、ナンノクロロプシスワムシ、油脂酵母とナンノクロロプシスで強化したワムシの順に高くなり、一方、無強化アルテミアでは、23.0% とワムシ群よりかなり高い値を示した。EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) および n-3HUFA 含量 (乾燥重量当り) は、淡水クロレラワムシにはほとんど含まれず、ナンノクロロプシ

Table 6. Moisture, crude lipid, fatty acid contents (%) and fatty acid composition (area%) of total lipid in live foods*1 in Expts. I and II

	Expt. I				Expt. II			
	CV-R*2	N-R*2	YN-R*2	Un-Ar*2	CV-R*3	N-R*2	Un-Ar*2	EPA28G-Ar*2
Moisture	86.6±0.7*6	86.8±0.5	87.0±0.7	88.6±0.5	86.0±0.7	86.9±0.5	87.7±1.6	88.7±1.0
Crude lipid (wet)*4	1.5±0.1	1.6±0.1	1.8±0.3	2.6±0.1	1.8±0.2	1.8±0.2	3.0±0.6	3.0±0.3
(dry)*5	11.1±0.5	12.2±0.5	14.0±2.7	23.0±1.5	12.6±1.2	14.0±0.8	24.1±3.7	26.5±4.2
20:4n-6(dry)	tr*7	0.2±0.0	0.2±0.1	0.2±0.0	0.1±0.0	0.2±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0
20:5n-3(dry)	0.1±0.0	1.6±0.0	2.0±0.9	1.4±0.2	0.1±0.0	1.0±0.5	1.3±0.1	2.5±0.5
22:6n-3(dry)	nd*7	tr	0.1±0.0	nd	nd	tr	nd	0.2±0.1
Σn-3HUFA(dry)	0.3±0.0	2.0±0.0	2.7±1.0	1.5±0.2	0.6±0.1	1.6±0.6	1.5±0.2	3.0±0.6
fatty acid								
14:0	1.7±0.1	3.1±0.1	4.0±0.5	1.8±0.2	2.1±0.1	2.4±0.8	1.2±0.4	1.3±0.3
16:0	11.5±0.3	10.5±0.4	9.1±0.2	9.3±0.4	17.8±0.3	7.9±2.8	12.5±0.4	12.0±0.3
16:1n-7	2.5±0.3	9.7±0.6	17.6±2.1	7.2±0.3	1.1±0.1	9.0±2.4	5.4±0.9	5.8±0.8
16:3n-6	tr	0.1±0.0	0.4±0.0	1.0±0.0	1.9±0.4	0.5±0.4	1.1±0.0	1.1±0.0
18:0	1.8±0.2	1.7±0.1	1.7±0.3	1.8±0.1	3.8±0.2	1.6±0.6	4.1±1.0	4.2±0.5
18:1	2.4±0.3	3.3±0.0	7.5±0.9	15.6±0.9	5.4±0.9	3.7±1.1	26.5±5.0	27.0±2.5
18:2n-6	18.1±0.9	9.1±0.5	4.1±1.3	4.2±0.1	29.4±3.1	7.9±2.8	4.9±0.4	4.7±0.2
18:3n-6	2.1±0.5	1.0±0.4	0.3±0.0	0.6±0.1	0.1±0.0	2.0±0.9	0.3±0.1	0.3±0.0
18:3n-3	14.0±0.7	5.0±0.4	1.7±0.9	26.3±1.2	11.4±2.5	2.3±0.7	23.2±1.8	20.3±0.5
18:4n-3	1.3±0.4	0.3±0.1	0.2±0.0	6.2±0.1	0.1±0.0	0.4±0.2	3.0±1.2	2.3±0.4
20:1	0.8±0.0	0.8±0.0	0.8±0.2	0.2±0.0	1.8±0.1	0.4±0.3	0.4±0.2	0.5±0.0
20:2n-6	1.0±0.0	1.6±0.2	1.7±0.8	0.8±0.2	2.4±0.5	1.8±0.7	0.1±0.0	0.1±0.0
20:3n-6	0.4±0.2	0.5±0.1	0.4±0.1	tr	1.9±0.2	1.2±0.2	tr	0.1±0.0
20:4n-6	0.1±0.0	1.5±0.1	1.6±0.3	0.9±0.1	0.6±0.1	1.1±0.4	1.2±0.1	1.3±0.1
20:3n-3	0.5±0.1	0.2±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	1.2±0.2	0.2±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0
20:4n-3	1.6±0.1	1.5±0.0	1.1±0.3	0.3±0.0	2.4±0.6	1.0±0.4	0.3±0.0	0.4±0.1
20:5n-3	0.6±0.3	12.9±0.8	14.1±4.1	6.2±0.4	0.6±0.1	7.3±2.7	5.6±0.4	9.3±0.5
22:1	0.2±0.0	1.2±0.5	1.0±0.3	0.4±0.1	0.4±0.0	1.5±0.4	tr	0.1±0.0
22:4n-6	nd	0.2±0.1	0.1±0.1	nd	nd	0.1±0.0	tr	0.1±0.0
22:5n-6	nd	nd	tr	nd	nd	nd	nd	nd
22:5n-3	0.3±0.1	1.5±0.2	2.6±0.2	nd	0.2±0.0	2.6±0.4	nd	0.2±0.0
22:6n-3	nd	0.1±0.1	0.7±0.0	nd	nd	0.2±0.1	nd	0.9±0.1
Σ Monoene	5.9±0.5	15.0±1.2	26.8±1.6	23.3±0.7	8.7±1.0	14.6±3.6	32.4±4.1	33.4±1.8
Σn-6	21.7±0.8	14.1±0.4	7.1±1.1	6.6±0.3	36.3±3.7	14.6±2.1	7.6±0.4	7.5±0.3
Σn-3	18.2±0.9	21.5±0.8	20.4±3.0	39.0±1.5	15.9±3.2	14.0±3.6	32.4±3.3	33.7±1.5
Σn-3HUFA	2.9±0.2	16.1±1.0	18.5±3.9	6.6±0.4	4.4±0.7	11.3±3.3	6.2±0.3	11.1±0.6

*1 See Fig. 1. *2 n=3. *3 n=5. *4 In wet basis. *5 In dry basis. *6 Mean±SD. *7 nd, not detected; tr, trace.

スワムシと油脂酵母とナンノクロロブシスで強化したワムシでは、後者の方が高い値を示していた。無強化アルテミアでは、EPAが1.4%、DHAは含まれず、n-3HUFAは1.5%含まれていた。総脂質中の脂肪酸組成(area%)は、ワムシ群では16:1n-7, 18:1, EPA, ドコサペンタエン酸(DPA, 22:5n-3)およびDHAは淡水クロレラワムシ、ナンノクロロブシスワムシ、油脂酵

母とナンノクロロブシスで強化したワムシの順に高くなり、リノール酸(LA, 18:2n-6), リノレン酸(LNA, 18:3n-3)および20:4n-3はその逆の関係であった。無強化アルテミアでは、18:1とLNAがそれぞれ15.6%, 26.3%と高い値を示した。

実験Ⅱ:水分含量は、実験Ⅰと同様にいずれの餌料にも大きな差は見られなかった。粗脂肪含量では、淡水ク

ロレラワムシはナンノクロロプシスワムシより若干低く、EPA 28G 乳化オイルで強化したアルテミアは、オイルを添加した効果が認められ無強化アルテミアよりも高い値を示した。EPA, DHA および n-3HUFA 含量は、淡水クロレラワムシにはほとんど含まれず、ナンノクロロプシスワムシでは、EPA は 1.0%, DHA は微量、n-3HUFA は 1.6% 含まれていた。無強化アルテミアは実験 I とほぼ同様な値を示し、EPA28G 乳化オイルで強化したアルテミアは、EPA は 2.5%, DHA は 0.2%, n-3HUFA は 3.0% 含まれていた。総脂質中の脂肪酸組成は、淡水クロレラワムシでは LA が 29.4% と特に高い値を示した。アルテミア群では、両餌料とも 18:1 と LNA が 20% 以上の高い値を示し、EPA28G 乳化オイルで強化したアルテミアは、EPA や DHA などの n-3HUFA が増加しオイル添加の影響を反映していた。

考 察

ノコギリガザミ幼生は、ガザミと同様にワムシのみでメゴロバ幼生になるまで飼育が可能であることが分かった。しかし、n-3HUFA をほとんど含有していない淡水クロレラワムシでは、メゴロバ幼生を得ることはできず、n-3HUFA を 2.0% (EPA 1.6%, DHA 微量) 含むナンノクロロプシスワムシや n-3HUFA を 2.7% (EPA 2.0%, DHA 0.1%) 含む油脂酵母とナンノクロロプシスで強化したワムシを与えることにより出現させることができた。つまり、ノコギリガザミゾエア幼生は、餌料中に n-3HUFA を要求することが示唆された。また、ワムシの餌料価値を第 1 齢稚ガニの生残率を用いて比較すると、淡水クロレラワムシ<ナンノクロロプシスワムシ<油脂酵母とナンノクロロプシスで強化したワムシの順に高まることが認められる。さらに、アルテミアの単一給餌のみで第 1 齢稚ガニまでの高い生残率 (65.0%) が得られた。このアルテミア (無強化アルテミア) 中には、DHA は含有されていなかったが、EPA は 1.4% (n-3HUFA 1.5%) 含まれていることから、ノコギリガザミ幼生は、生残率で見た場合には DHA を必要とせず、EPA を強く要求しているものと推察された。

次にアルテミアの必要性と適正給餌時期について検討した結果、第 3 齢ゾエア期以降までワムシを与えた試験区では、第 3 齢から第 4 齢ゾエアにかけて多数のへい死が見られ、高い生残率を得るためには少なくとも第 3 齢ゾエアの脱皮時点からアルテミアを給餌するのが望ましいと判断された。また、第 1 齢ゾエアからアルテミアを与えた試験区では、第 4 齢ゾエア期前後で齢期進行の遅れを生じたことから、第 2 齢ゾエア期以降からアルテミアを与えるのが望ましいと判断された。これは第 2 齢あるいは第 3 齢ゾエアになると体が大きくな

り第 1 齢ゾエアよりアルテミアを摂餌しやすいであろう。ガザミ幼生でも同様に第 2 齢もしくは第 3 齢ゾエア期からアルテミアを与えた方が良いと報告されている^{11,12)}

ワムシおよびアルテミアの栄養強化の効果の違いについては、実験 II の生残率の結果より、淡水クロレラワムシ<ナンノクロロプシスワムシ；無強化アルテミア ≤ EPA28G 乳化オイル強化アルテミア、平均到達日数の結果からは、淡水クロレラワムシ>ナンノクロロプシスワムシ；無強化アルテミア ≥ EPA28G 乳化オイル強化アルテミア、全甲幅長を指標にすると、淡水クロレラワムシ ≤ ナンノクロロプシスワムシ；無強化アルテミア < EPA28G 乳化オイル強化アルテミアの関係が認められた。これらの結果と脂肪酸含量から、乾燥重量当りのワムシ中には、1.0~1.6% の EPA、微量の DHA および 1.6~2.0% の n-3HUFA を含有し、アルテミア中では 1.3~2.5% の EPA、微量 ~0.2% の DHA および 1.5~3.0% の n-3HUFA を含有した餌料でノコギリガザミ幼生を飼育することにより、高い生残率が得られることが分かった。平均到達日数については、ガザミ幼生の発育速度は水温によって大きく左右される¹³⁾ため、ノコギリガザミ幼生も同様に栄養不足で遅延することはあっても栄養強化により早めることはできないと推察された。また、ナンノクロロプシスや EPA28G 乳化オイルの強化により全甲幅が大きくなったことから、餌料中の n-3HUFA 含量の増加が影響しているものと推察された。しかし、n-3HUFA のいずれの要素が起因しているかやアルテミア中の n-3HUFA 適正量については今後検討する必要がある。

謝 辞

本研究を行うに当たり、適切なる御指導および御助言を下された(株)日本栽培漁業協会玉野事業場の技術員ならびに職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) R. Fuseya and S. Watanabe: Genetic variability in the mud crab genus *Scylla* (Barachyura: Portunidae). *Fisheries Sci.*, **62**, 705-709 (1996).
- 2) 大城信弘: ノコギリガザミ類。「サンゴ礁域の増養殖」(諸喜田茂充編著), 緑書房, 東京, 1988, pp. 198-209.
- 3) 福永恭平, 太巻幸一: ノコギリガザミの種苗生産. 栽培技研, **11**, 45-53 (1982).
- 4) 浜崎活幸, 竹内俊郎, 関谷幸生: 数種餌料で培養したワムシのガザミ幼生に対する餌料価値. 日水誌, **64**, 841-846 (1998).
- 5) 竹内俊郎, 中本吉彦, 浜崎活幸, 関谷幸生, 渡邊 武: ガザミ幼生の n-3 高度不飽和酸要求. 日水誌, **65**, 797-803 (1999).
- 6) 浜崎活幸: ノコギリガザミの種苗生産. 水産の研究, **12**, 103-115 (1993).

- 7) C. P. Keenan, P. J. F. Davie, and D. L. Mann: A revision of the genus *Scylla* de haan, 1833 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae). *Raffles Bull. Zool.*, **46**, 217-245 (1998).
- 8) 加治俊二, 兼松正衛, 手塚信弘, 伏見 浩, 畑井喜司雄: ノコギリガザミの卵およびふ化幼生のハリフトロス症に対するホルマリン浴の効果. *日水誌*, **57**, 51-55 (1991).
- 9) 浜崎活幸, 畑井喜司雄: ガザミおよびノコギリガザミの卵とふ化幼生の真菌症に対するホルマリン浴の効果. *日水誌*, **59**, 1067-1072 (1993).
- 10) T. Takeuchi: Laboratory work-chemical evaluation of dietary nutrients, in "Fish Nutrition and Mariculture" (ed. by T. Watanabe), Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency, 1988, pp. 179-226.
- 11) 永山博敏: II 幼生飼育, 5-5 餌料と給餌, 「栽培漁業技術シリーズ No. 3 ガザミ種苗生産技術の理論と実践」(ガザミ種苗生産研究会編著), 日本栽培漁業協会, 東京, 1997, pp. 74-88.
- 12) 竹内俊郎, 佐藤敦一, 清水智仁, 関谷幸生, 渡邊 武: ガザミ幼生におけるワムシとアルテミアの給餌時期の検討. *日水誌*, **65**, 804-809 (1999).
- 13) 浜崎活幸: II 幼生飼育, 2-2 成長過程と脱皮の予測, 「栽培漁業技術シリーズ No. 3 ガザミ種苗生産技術の理論と実践」(ガザミ種苗生産研究会編著), 日本栽培漁業協会, 東京, 1997, pp. 41-45.